성관수
(주)넥스토디아이 대표이사

# Tepeless 기록 시대의 기록/저장 매체와 데이터 플로우 ❶

# 동영상 저장매체의 발달/변천사

+ **성관수** (주)넥스토디아이 대표이사

❶ 동영상 저장매체의 발달/변천사
❷ Tapeless 기록 시대의 데이터 플로우

기술의 발전과 함께 우리는 기존의 테이프/필름 동영상 기록 방식이 Tapeless 기록으로 변하는 패러다임 변화를 목도하고 있다. 본고에서는 동영상 저장매체의 발달/변천을 짚어 보고 Tapeless 기록 시대에서의 데이터 관리에 대하여 논해보고자 한다.

## 동영상 저장매체의 종류

상용화에 성공하여 주류 저장매체로 사용된 매체는 그리 많지 않다. [표 1]에 그 종류와 방식을 표시하였다. Blu-ray와 유사한 방식을 사용하는 SONY의 XDCAM을 제외한다면 오늘날의 Tapeless 기록은 대부분 Flash Memory에 동영상을 기록하는 것을 의미한다. 이 방식은 종래의 방식에 비해 크게 다음의 세 가지가 바뀌었다는 것을 의미한다.

① 동영상을 컴퓨터에서 바로 사용이 가능한 파일의 형태로 기록
② 테이프 또는 필름의 구동에 필요한 복잡한 기구계의 소멸
③ [동영상 원본]이라는 개념의 소멸

③번 항목에 대해 의아해하시는 분들은 촬영한 원본데이터가 들어 있는 메모리카드를 예전에 원본테이프를 보관했듯이 책장에 보관해 둘 것인지 생각해 보시라.
그렇다. 메모리카드는 컴퓨터 또는 서버에 복사 후 지우고 다시 써야 하는 것이다.

| 방식 | 종류 | 방식 설명 |
|---|---|---|
| 화학반응 | 필름 | 빛에 의한 필름 상의 화학물질이 변화로 데이터를 표현 |
| 자기장 | 테이프 / HDD | 매체상에 도포된 미세한 철가루를 자화하여 자기장의 세기 또는 방향으로 데이터를 표현 |
| 빛의 반사 | CD / DVD / Blu-ray | 매체상의 굴곡 또는 색상에 의한 빛의 반사율 변화로 데이터를 표현 |
| 전기장 | Flash Memory | 반도체공정에 의해 절연된 영역에 강제로 전하를 충/방전하여 전하의 유무로 데이터를 표현 |

표 1. 동영상 매체의 종류와 동작 원리

## Linear 저장매체의 변천 : 필름과 테이프

첫 번째 동영상 촬영이 무엇인지에 대해서는 의견이 분분하겠지만 본격적인 동영상 저장은 1889년 조지 이스트먼이 만든 셀룰로이드 필름

과 함께 시작되었다는 것에 대한 이견은 없을 것이다. 이후 1951년 테이프에 동영상이 처음 저장될 때까지 약 60년간 필름은 유일한 동영상 저장매체였고 120년이 지난 지금에도 여전히 영화촬영에 일부 사용되며 그 자리를 지키고 있다.

테이프 매체는 독일의 BASF 사에 의해 1935년 처음 소개되었으며 이후 1940년대에 BASF 사와 AEG 사의 협업으로 보다 완성도가 높은 테이프와 오디오 녹음기가 개발되었다.

동영상이 테이프에 처음 녹화가 된 것은 1951년 미국의 BCE(Bing Crosby Enterprise) 사에 의해서이다. BCE 사는 카메라 출력을 AMPEX 사의 AMPEX200에 연결하여 Open Reel 방식의 테이프에 동영상을 녹화하였다.

우리가 흔히 보는 카세트 형식의 비디오테이프는 SONY 사에 의해 1969년 처음 소개가 되었고 71년 동사에 의해 BVU(Broadcast Video U-Matic)의 형태로 상용화되었다. 이후 Betamax와 VHS 규격이 각각 SONY와 JVC에 의해 75년/76년에 소개되면서 본격적인 카세트테이프 레코딩 시대를 열었다.

Tepeless 기록이 보편화 된 현시점에서 보면 Tape 레코딩 시대는 약 60년이었던 셈이다.

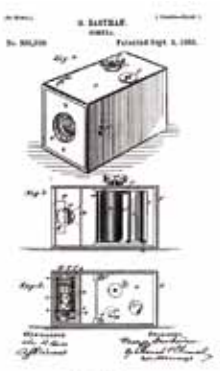

그림 1. 조지 이스트먼의 롤 필름 카메라 특허 (intellectualventureslab.com)

그림 2. Ampex200A 릴 테이프 레코더(Museumofmagneticsoundrecording.org)

그림 3. 다양한 형태의 테이프(Austin Murphy, Wikipedia)

## Non-linear 저장매체의 변천 : HDD, CD 및 Flash Memory

원하는 위치로 가기 위해 순차적으로 Access 해야 하는 필름이나 테이프와 달리 Random access가 가능하다는 점에서 HDD, CD, Flash memory는 Non-linear 매체라고 부를 수 있겠다. 이들 세 가지 매체 중 레코딩에 사용되는 것은 대부분 Flash memory이며, XDCAM에서만 Blu-ray disk를 사용하고 있다. HDD를 내장한 캠코더가 일부 Consumer급 캠코더에서 사용된 적이 있지만 충격에 취약한 점과 동작 시 소음/진동을 발생시키는 점에서 부적합한 점이 있었고 메모리의 발달에 따라, 용량과 속도마저 Flash Memory에 뒤져서 더 이상 나오지 않고 있다.

### 1) HDD

HDD는 1953년에 IBM에서 큰 용량과 랜덤액세스 기능을 갖는 장치로 고안이 되었다. 1956년의 IBM 305 RAMAC이 첫 번째 HDD인데 3.75MB 용량에 무게가 1톤에 달했으며 가격은 $44,000에 달했다. 1980년 Seagate가 5.25인치 HDD를 처음 선보이면서 Micro 컴퓨터에서 HDD가 사용되기 시작하였으며, 처음 PC에 탑재된 HDD의 용량은 5MB였다. 1983년 시판된 기념비적인 PC인 IBM PC XT에는 10MB 3.5인치 HDD가 탑재되었고, 이후 기술개발로 용량이 거듭 늘어났지만 90년대 중반까지도 1GB가 일반적인 용량이었다. 2000년에 개발된 GMR(Giant Magnetoresistance) 헤드기술과 2006년에 소개된 수직기록방식에 의해 현재는 1TB에서 6TB의 HDD가 사용되고 있다.

성관수
(주)넥스토디아이 대표이사

그림 4. 최초의 HDD IBM RAMAC(3.75MB)과 현대의 4TB HDD(www.ed-thelen.org)

2) CD / DVD / Blu-ray

CD는 음향과 동영상이 디지털로 가는 문을 연 기념비적 제품으로서 20세기의 가장 위대한 발명품 중 하나라고 할 수 있다.

1970년대 중후반부터 SONY와 Philips가 각각 개별적으로 광 Disc에 대한 연구를 하다가 1979년부터 시작된 공동 연구를 통해 1982년 CD-DA(Audio CD) 규격을 만들어 내었다. 이 규격집의 이름이 Red Book이며 이것이 그 후에 만들어진 여러 가지 디지털 동영상 규격에 색상의 이름이 붙여진 시초이다. 참고로 DV 규격은 Blue Book이라고 불린다. CD는 시장에 엄청난 반향을 몰고 왔으며 최고의 성공을 거두었다. 1985년에는 CD에 데이터를 담는 규격인 Yellow Book이 나왔는데 그 저장용량인 650MB는 당시에 일반적인 HDD 용량(20M)에 비해 무려 30배가량 큰 엄청난 데이터 저장량을 자랑했다.

CD와 같은 광학 Disk 계열은 쓰고 읽기를 할 때 좁은 위치에 레이저를 쏘아서 그 반사되는 빛의 양을 가지고 데이터를 판독한다. 따라서 빛을 좁은 공간에 모을수록 단위면적당 더 많은 데이터의 기록이 가능하게 된다. DVD와 Blue-ray는 기본적으로 CD와 동일하지만 사용하는 레이저의 주파수를 올려서 빛의 초점 크기를 줄여서 저장용량을 늘린 것이다.

참고로 CD는 파장이 780nm로 가시광선을 살짝 벗어난 적외선이며, DVD는 650nm로 적색레이저를 사용한다. Blu-ray는 405nm로 보라색에 해당하는 파장을 사용한다. Blu-ray는 원래 Disk당 25G였지만 진화를 거듭하여 현재는 BDXL이라는 규격으로 장당 128G를 저장할 수 있는 규격이 나와 있다.

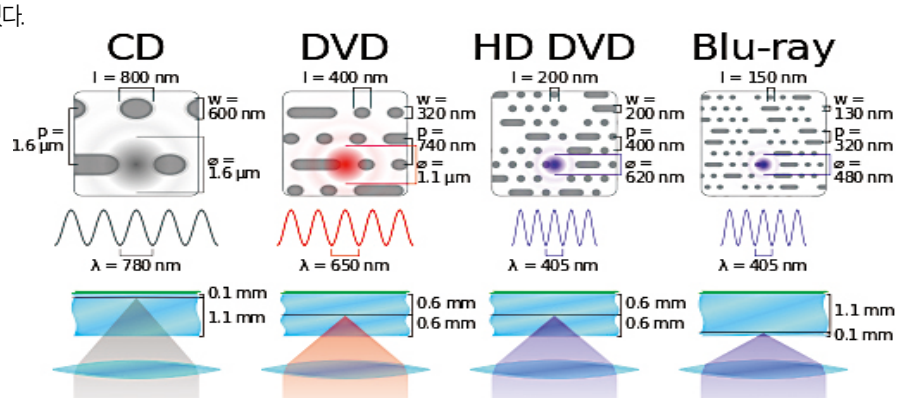


그림 5. CD / DVD / Blu-ray (Cmglee, Wikimedia Commons)

3) Flash memory

현재 동영상 저장에 사용되고 있는 Flash memory는 모두 Floating gate라고 하는 IC 안의 절연된 공간에 전하를 충/방전하여 데이터를 저장한다. 1Gbit의 용량의 Flash memory라면 10억 개의 Floating gate가 손톱만 한 IC 안에 들어 있다는 뜻이다.

Floating Gate에 전하를 충/방전하여 데이터를 저장하는 이 기술은 Toshiba의 Dr. Fujio Masuoka에 의해 발명되었고, Intel에 의해 1988년 상용화되어서 처음에는 컴퓨터의 BIOS ROM 등으로 사용이 되었다.

메모리 카드로는 90년대 초에 나온 PC card가 최초일 것이다. 그 후 1994년 샌디스크사의 CF와 1995년의 SmartMedia가 나왔다. 이후 SD card, MMC, xD card, Memorystick 등 다양한 메모리 카드가 나왔으나 현재는 SD card가 대세이고 High End 제품에서 CF카드가 사용되고 있으며 그 외의 메모리 카드는 역사의 뒤안길로 사라져 가고 있다. CF 카드는 그 Interface 방식만 놓고 보면 예전의 PATA(Parallel-ATA)와 동일한 방식을 쓰고 있으며 사실상 CF 껍질을 쓴 SSD라고 생각해도 좋다. 실제로 2000년대 초반에는 MicroDrive라는 이름으로 CF 크기의 1인치 HDD가 시장에서 CF와 경쟁하기도 하였다.

그림 6. 각종 메모리카드

SD card는 파나소닉/도시바/샌디스크의 세 개 회사에 의해 1999년 최대 1GB 용량의 규격으로 제안이 되었으며 이후 2006년에 SDHC(최대 32GB), 2011년에 SDXC(최대 2TB)가 나왔다.

방송용 카메라에 사용되는 파나소닉의 P2 카드(2004년)와 소니의 SxS 카드(2007년)는 각각 두 회사의 독자적인 규격을 사용하고 있는데 그 기본적인 방식은 P2의 경우 CardBus I/F(Max 133MB/s)를 사용하고 SxS 카드의 경우는 PCI-Express I/F(Max 250MB/s)를 사용하고 있다. 따라서 일반적으로 성능 면에서 SxS 카드가 P2 카드보다 높은 성능을 보이고 있다. Flash memory는 SLC, MLC, TLC의 순으로 변화하며 현재 가장 빠르게 단위면적당 용량을 늘려가고 있으며 Tapeless 기록 방식의 핵심 기록 매체가 되었다.

## 디지털데이터 저장 매체 간의 특성 비교

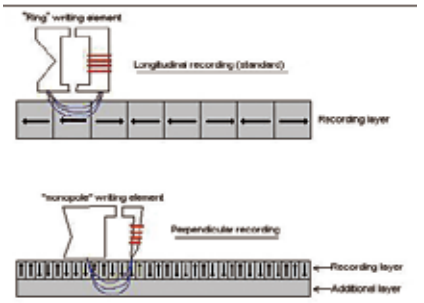


그림 7. 자성 매체의 기록 방식(Cassioli, Wikimedia)

1) 테이프

테이프는 플라스틱 필름에 자성체를 코팅한 것이다. 이 자성체에 [그림 7]의 위쪽 그림에서 보듯이 자기장을 걸어서 자화하여 데이터를 기록한다.

Tapeless Recording은 더 이상 테이프에 녹화를 하지 않는다는 것이지 테이프 저장 방법이 없어지는 것을 의미하지는 않는다. 테이프는 동영상 기록매체로의 자리는 내어주었지만 LTO archiving system을 통해 장기 데이터 보존 매체로 자리 잡고 있다.

[표 2]에 LTO의 Generation 별 Spec을 정리하였다. 가장 최근의 LTO-6의 경우 카트리지당 2.5TB의 용량을 가지고 있으며 최대 160MB/s의 속도로 데이터를 기록할 수 있다. 현재 LTO-6 테이프 가격이 $70 정도이므로 용량대비 가격비와 성능에서 HDD와 비슷한 Level의 성능과 가격을 달성하고 있다.

테이프는 HDD와 달리 랜덤 액세스가 되지는 않지만 LTO-6의 경우(오라클 제품 기준)는 초당 약 9m/s라는 빠른 속도로 테이프를 감아서 최대 98초 안에 원하는 데이터를 읽을 수 있다. 다만 테이프는 기록/재생 중에 테이프가 당겨지거나 헤드와의 접촉으로 인한 자성체 마모가 있어서 기록/재생 가능 횟수가 적은 단점이 있다.

| Attribute | LTO-1 | LTO-2 | LTO-3 | LTO-4 | LTO-5 | LTO-6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 표준 확정 연도 | 2000 | 2003 | 2005 | 2007 | 2010 | 2012.12 |
| 드라이브 용량 | 100GB | 200GB | 400GB | 800GB | 1.5TB | 2.5TB |
| 최대 전송속도(MB/s) | 20 | 40 | 80 | 120 | 140 | 160 |
| 테이프 두께 | 8.9um | | 8um | 6.6um | 6.4um | 6.1um |
| 테이프 길이 | 609m | | 680m | 820m | 846m | |

표 2. LTO 버젼별 규격 정리

성관수
(주)넥스토디아이 대표이사

그림 8. 곰팡이에 훼손된 테이프(한국영상자료원. 보존기술센터)

제조사 규격에 따르면, LTO 테이프는 30년 동안 보관이 가능하지만 테이프의 기록 또는 재생 가능 횟수가 대략 200번(Full Pass 기준) 정도로 제한된다(Imation사 제공). 즉 쓰기/읽기 합쳐서 테이프의 모든 데이터를 처음부터 끝까지 200회 정도 오가면 테이프의 신뢰성을 더 이상 보장하지 못하게 된다는 것이다.

테이프를 장기 보관할 때는 자기적인 절연(간단히 말하면 쇠로 만든 통에 보관) 외에도 습기와 온도에 조심해야 한다. 필름에 코팅된 자성매체의 특성은 상온에 최적화되어 있으므로 고온 또는 저온에서의 장기 보관은 수명을 단축시킨다. HP의 자료를 보면 장기 보관 온도는 5도에서 23도로 되어 있다. 습도가 높으면 코팅매체에 곰팡이가 펴서 못쓰게 되는 경우도 있다. [그림 8 참고]

2) HDD

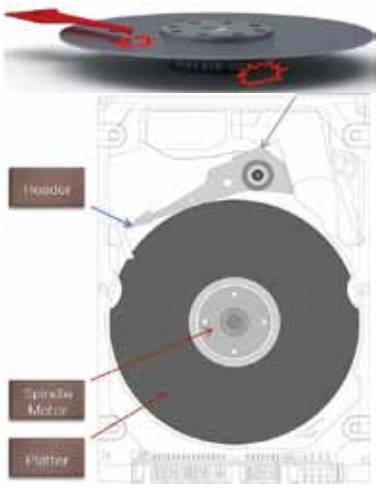

그림 9. HDD의 구조와 고장 부위

하드디스크는 매우 고운 자성체 가루를 코팅한 [알루미늄] 또는 [유리와 세라믹합성물] 원반(플래터)에 [그림 7]의 아래와 같은 수직자기기록 방식으로 데이터를 기록한다. 현재 사용되고 있는 기술로는 이론적으로 1제곱인치당 약 1Tbit를 기록할 수 있다고 한다. 노트북용 HDD는 2.5인치 플래터를 사용하므로 사용 가능한 영역은 면당 약 4.9평방인치(사용불가 영역 포함)이다. 양면 기록을 하므로 플래터 한 장당 약 10평방인치, 즉 10Tbit의 기록이 가능하다. 이것을 Byte로 환상하면 1.25TByte가 된다.

즉 HDD는 현재의 수직기록 방식으로는 2.5인치 HDD 기준으로 플래터당 약 1TByte의 용량이 최대 용량이며 이미 그 용량의 한계에 달해 있다고 볼 수 있다. HAMR 기록방식이라고 제곱인치 당 이론적으로 5~10Tbit를 기록할 수 있는 기술이 연구되어 오고 있으며 2012년 12월 Seagate는 이 방식을 이용하여 제곱인치당 1TBit를 기록하는 시연을 한 바 있다. 이 기술이 상용화되면 10~20TB 용량의 2.5인치 HDD가 가능할 것으로 동사는 추측하고 있다. 하드디스크는 이와 같은 안정적인 플래터에 자기장의 방식으로 데이터를 저장하고 전체 케이스를 금속으로 감싸고 있다. 또한 매체의 물성인 자기장의 형태로 데이터를 저장하고 비접촉 방식이므로 쓰기, 읽기 횟수에 제한이 없다. 따라서 플래터에 저장된 데이터는 가장 안전하게 보존된다고 할 수 있다. 그러나 현실에서는 하드디스크에서 가장 잦은 오류를 겪는다. 이 불일치는 어디에서 오는 것일까. 그 이유는 HDD의 기계적인 구조에서 찾을 수 있다. [그림 9]의 하드디스크 구조를 보면 HDD는 크게 ① 플래터, ② 암과 헤더부, ③ 스핀들부 로 이루어져 있음을 볼 수 있다. 하드 동작 중에는 플래터가 스핀들 모터에 의해 빠른 속도로 회전하고 그 위에 헤더가 떠서 데이터를 읽어내게 된다. 동작 중의 충격으로 이 헤더가 플래터와 접촉하게 되면 헤더가 플래터를 긁어서 스크래치를 만들게 된다. 이 스크래치가 바로 흔히 말하는 배드섹터로 스크래치 부위의 데이터는 읽지도 쓰지도 못하게 된다.

두 번째로 빈번한 오류는 플래터의 회전축을 돌리는 스핀들부에서 발생한다. 충격 또는 높은 온도로 인해 회전축을 잡고 있는 유체베어링이 고장 나면서 더 이상 회전을 하지 않게 되는 것이다. 이 경우 HDD에 있는 데이터를 정상적인 방법으로는 읽어낼 수 없다.

세 번째로는 데이터를 읽어 내는 헤드가 손상된 경우이다. 주로 충격으로 인해 플래터와 접촉하면서 물리적으로 손상되거나 장기 보관으로 헤드가 눌어붙으면서 발생한다. 이 경우 역시 플래터에는 데이터가 있지만 읽어 낼 수가 없다.

마지막으로 잘못된 전원을 사용하면 HDD의 회로가 전기적으로 고장이 나는 경우가 간혹 있다.

HDD는 잔고장이 잘 나기는 하지만 어떠한 고장이 나더라도 데이터 복구가 가능하다는 장점이 있다. 데이터는 이미 플래터에 안전하게 저장이 되어 있으므로 HDD의 Case를 분해하여 플래터만 들어내서 복구장치에 넣으면, 모든 데이터를 비교적 저렴한 가격에 복구해 낼 수 있다. 국내에서도 이러한 복구 서비스를 하는 곳이 여러 회사 존재하며 750G HDD 기준으로 약 20~30만 원에 복구할 수 있다. HDD는 비교매체 중 유일하게 읽고/쓰기 횟수에 제한이 없는 매체로서 잦은 읽고 쓰기가 필요한 편집환경에 적합한 매체라 할 수 있다.

3) CD / DVD / Blu-ray

광Disk류는 기록을 위해 레이저광으로 특정 위치를 가열하여 정보를 기록한다. [그림 5 참고] 따라서 기록속도가 비교적 느린 편이며 가장 최근 발표된 BDXL의 경우 최대용량 128GB에 4배속(18MB/s) 기록이 가능하다. 일반적인 BD-R의 경우는 50G에 12배속(54MB/s)까지 나와 있지만 HDD나 LTO 또는 메모리에 비하여 용량 및 속도 면에서 뒤처지는 부분이 있다. BD-R의 54MB/s의 기록 속도는 2K 압축 Video는 기록대응 가능한 속도이지만 4K 대응을 고려한다면 기록대응이 가능하지 않은 속도이다. [표 3 참고] 다만 파나소닉 등에서 50년 보관 가능한 디스크가 나와 있으므로 최종 출력본 보관용으로 사용하는 것이 가능할 것으로 보인다.

그림 10. Floating gate 내에 충전된 전하

4) Flash Memory

플래쉬 메모리는 반도체 내에 전기적으로 절연된 공간(Floating gate)을 형성하고 거기에 전하를 충/방전하여 1 또는 0을 표시한다.[그림 10. 참고] 그런데 이 말에는 어폐가 있다. 절연이란 전기를 통하지 않는다는 것으로 충/방전이 불가능함을 뜻하는데 어떻게 충전을 한다는 것인가. 플래쉬 메모리는 이것을 위하여 절연층을 뚫고 들어갈 정도의 아주 큰 힘을 가하여 강제로 충전과 방전을 시킨다. 매번 데이터를 쓰거나 지울 때마다 이러한 강제 충/방전이 일어나게 된다. 따라서 충/방전을 함에 따라 절연층이 손상을 입어서 종래에는 더 이상 절연 기능을 할 수 없게 된다.

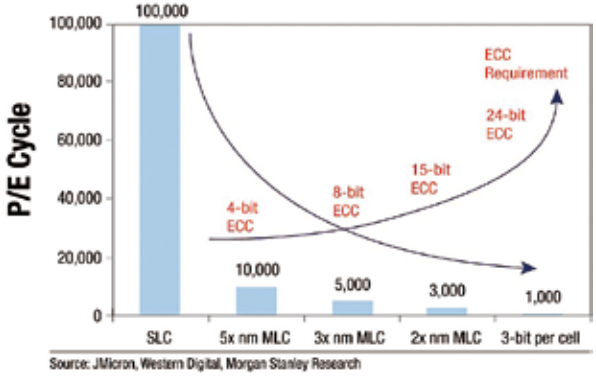


그림 11. 플래쉬 메모리의 기록횟수(Morgan Stanley Research)

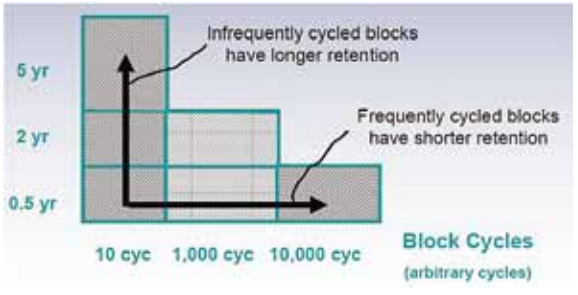


그림 12. 플래쉬 메모리의 데이터 보존 기간(Jim Cooke, Micron)

이것이 플래쉬 메모리의 근본적인 문제인 쓰고/읽기 횟수 제한의 문제이다. [그림 11]에서 보듯, 현재 주로 사용되고 있는 플래쉬 메모리인 TLC type은 1000번 정도의 기록 Cycle만 보장 된다. 이것을 ECC(Error Correction기법)를 사용하여 보상하고 있는 것이다. 참고로 SxS Pro+나 P2 같은 고급 저장매체는 데이터 안정성을 위하여 10만 번 Write 할 수 있는 SLC를 사용하고 있다.

또 다른 근본적인 문제는 영화 빠삐용에서 볼 수 있듯이 가둔 것은 탈출한다는 것이다. 절연체에 갇힌 전하는 한동안 절연체 내에 머물러 있지만, 상온에서 일정한 확률로 절연체를 뚫고 빠져나갈 힘을 얻어서 빠져나간다. 즉 플래쉬 메모리는 가만히 내버려 두면 기록된 데이터가

성관수
(주)넥스토디아이 대표이사

사라지는 것이다. 이 기간은 절연체의 손상 정도와 상관관계가 있는데 [그림12]의 자료에서 보듯이 새로운 메모리에 쓰면 약 5년간 데이터가 보존되지만 10,000번 정도 쓰기/지우기가 이루어진 메모리의 경우 6개월 정도밖에 데이터가 보존되지 못하는 것을 볼 수 있다. 그러나 플래쉬 메모리는 다음과 같은 장점을 가지고 있다.

① 기구계가 필요 없어서 충격에 강함. / ② 작은 크기로 만들 수 있음. / ③ 빠른 읽고 쓰기속도(약 500MB/s, HDD의 세배 정도) / ④ 적은 소모전력

이러한 장점이 플래쉬 메모리가 현재 대부분의 비디오카메라에 사용되는 저장매체가 되도록 하였다.

5) 저장 매체에 대한 정리

테이프는 LTO의 눈부신 발전으로 대용량/고속화를 이루어서 현재의 LTO-6에 이르러서는 테이프 가격대 용량비가 HDD에 필적하게 되었다. 그러나 수백 번으로 제한되는 기록/재생 횟수(전체영역 기록/재생 기준)로 인해 잦은 참조에는 적합하지 않다. 30년에 이르는 장기 보존성과 대용량/고속화는 테이프를 동영상 기록매체에서 동영상 보존 매체로 자리를 바꾸어 가고 있다.

HDD는 기구계가 들어 있어서 충격에 약하고 잦은 고장이 있을 수 있다는 단점이 있지만, 싸고 대용량이며 무엇보다도 쓰기 횟수 제한이 없는 유일한 매체이므로 동영상 편집과 같이 잦은 쓰고/지우기가 필요한 분야에서의 편집 서버로는 HDD가 가장 적합한 것으로 보인다.

CD/DVD/Blu-ray는 동영상 배포에는 가장 좋은 매체임이 분명하지만, 느린 읽고/쓰기 시간, 비교적 작은 용량, 비교적 큰 기구계로 인해, 다른 돌파구가 없는 이상 동영상 기록/편집/보관 분야에서는 서서히 자리를 내어 주지 않을까 생각한다. 특히 4K의 데이터양과 속도를 감당하기에는 현재로서는 무리가 있어 보인다. 플래쉬 메모리는 그 성능/크기/속도로 인해 이미 가장 중요한 동영상 기록 매체로 떠오르고 있다. 그러나 태생적인 제약으로 인해 데이터가 잠시 거쳐 가는 매체가 될 것이 점쳐진다. 즉, 짧은 데이터 보존기간(6개월~5년)으로 인해 Archiving과 같은 보존용으로는 사용이 불가능하고, 쓰고/지우기 횟수 제한으로 인해 본격적인 편집서버용 저장장치로 사용되기에는 무리가 있을 것으로 보인다. 그러나 카메라용 메모리와 같이, 카메라가 만들어낸 동영상을 잠시 담았다가 편집용 서버와 같은 HDD에 넘기고 재사용하는 용도로는 최적이라고 할 수 있다. 테이프는 기록매체로 사용되기 시작한 지 약 80년이 지났고, HDD는 53년이 되었으며, 광디스크는 약 30년이 되었다. 그에 반해 플래쉬 메모리가 사용된 것은 이제 겨우 십수 년이 되었을 뿐이고 본격적인 대량 사용은 디지털카메라 붐이 불기 시작한 10년 정도이다. 빠르게 발전하고 있는 분야이므로 플래쉬 메모리에 대한 부분은 예단하기 어렵다.

그림 13. 동영상 기록/저장/보관 매체

## 파일시스템 포맷

저장 매체는 데이터를 저장할 공간을 제공할 따름이다. 저장 공간에 데이터를 효율적으로 배치하고 추후의 검색을 위하여 쉽게 색인을 관리할 수 있도록 하는 것이 파일시스템이다. 즉, 각 데이터가 저장될 공간의 구획을 나누고 저장된 위치를 찾을 수 있도록 색인을 다는 것이 파일시스템이라 할 수 있겠다. 우리가 흔히 포맷을 한다고 하는 것은, 저장된 데이터를 지우는 것이 아니라, 그 저장된 위치를 표시하는 구획정보, 즉 색인을 모두 지우고 초기화한다는 것이다. 컴퓨터가 사용된 이래, OS에 따라 여러 가지 파일시스템 제안되어 왔지만 현재 방송카메라에서 사용하는 파일시스템은 다음의 네 가지로 요약할 수 있다.

1) FAT 파일시스템

2010년 ARRI Alexa가 소개되기 이전의 모든 메모리 타입 방송용 카메라와 DSLR은 메모리 카드의 파일 포맷으로 FAT 파일시스템을 사용하였다. FAT는 MS-DOS와 함께 Microsoft사가 제공한 파일시스템으로 가장 호환성이 좋은 파일시스템이라 하겠다.

현재에도 대부분의 카메라가 FAT 파일시스템을 사용하고 있지만 FAT 파일시스템은 한 개의 파일 크기가 최대 4GB라는 제약이 있어서 차츰 사라질 것으로 보인다. 4GB는 SONY의 MPEG2 4:2:2 50M 동영상을 약 9분 정도 담을 수 있는 용량이며 AVC_Intra의 경우 약 5분 정도 담을 수 있는 용량이다. 즉 FAT로 포맷된 메모리카드에 동영상을 연속 기록하면 9분 또는 5분마다 새로운 파일을 만든다. 4K XAVC의 경우는 약 2분마다 새로운 파일이 생성되어야 하므로 편집하는 경우 연속촬영분이 여러 개의 파일에 나뉘어 있어서 혼돈을 초래하는 요인이 된다. SONY의 XDCAM EX 및 모든 P2 Camera, 그리고 Canon의 DSLR은 2013년 현재 메모리카드를 FAT로 포맷해서 사용하고 있다.

2) UDF 파일시스템

UDF 포맷은 원래 DVD나 Blu-ray 같은 광디스크에 사용되는 파일시스템이다. FAT에 비해 복잡하지만 파일크기에 대한 제약이 없어서 ARRI Alexa에서 메모리카드 포맷으로 채택이 되었다. 단 최대 파일 크기는 8TB로 제약되어 있다. SONY도 PMW-500부터 SxS card에 MPEG2 4:2:2 50M 동영상을 저장하는 경우에는 SxS를 UDF format으로 포맷한다.

3) exFAT 포맷

이 포맷은 FAT 포맷의 확장 포맷으로 Microsoft에 의해 2006년 처음 개발되었다. 원래 WinCE용 파일시스템으로 개발이 되었지만 별 주목을 받지 못하다가 SD 규격을 제정하는 SD 위원회에 의해 2011년에 SDXC를 위한 파일시스템으로 채택되면서 순식간에 전 세계에서 가장 많이 사용지원 되는 파일시스템 중 하나가 되었다. 모든 SDXC는 exFAT 파일시스템을 사용하여야 된다고 규정하였는데, SD가 이미 세계에서 가장 많이 사용되는 메모리카드가 되었으므로 그것은 모든 SD 카드를 사용하는 기기가 exFAT를 지원해야 한다는 것과 동일한 것이 되어 버렸다.

exFAT는 쉽고, 파일 크기가 16,777,216TB까지 가능하여 실질적인 한계가 없으며, 디스크 크기에 대한 제약도 없는 것과 다름이 없다. 방송용 카메라 중에는 작년에 발표된 SONY의 F5/F55가 내부 메모리카드를 exFAT 형식으로 포맷하고 있다. 아마도 4K로 넘어가면서는 모든 카메라가 exFAT 파일시스템으로 넘어갈 것으로 예측된다.

4) HFS+ 포맷

HFS 포맷은 MAC에서 사용하는 파일시스템이다. FAT의 4G 파일크기 제약을 회피하기 위해 AJA의 KiPro 제품 계열과 BlackMagic의 레코더에서 사용되고 있다. HFS+는 Windows 컴퓨터에서는 별도의 프로그램을 설치하지 않으면 지원이 안 되므로 호환성이 좋지는 않은 부분이 있다.

| Format | SD-DV | DVCPRO HD | MPEG2 4:2:0 | MPEG2 4:2:2 | AVC Intra 100 | AVCHD (C100) | H.264 (Canon) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 시간당 용량(GB) | 15GB | 52GB | 12GB | 27GB | 51GB | 11GB | 18GB |
| Data rate(Byte/sec) | 4.1MB/s | 14.5MB/s | 3.3MB/s | 7.5MB/s | 14.2MB/s | 3MB/s | 5MB/s |

| Format | ProRes 2K | DNxHD 2K | XAVC 4K | ProRes 4K(주1) | RED RAW 4K (주2) | F5/F55RAW 4K | 비압축 4K (8bit 4:4:4) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 시간당 용량(GB) | 83GB | 86GB | 120GB | 354GB | 100GB | 500GB | 2300GB |
| Data rate(Byte/sec) | 23MB/s | 24MB/s | 33.3MB/s | 99MB/s | 28MB/s | 125MB/s | 637MB/s |

(주1) ProRes 4K Data rate는 Apple White Paper에서 참고 / (주2) RED RAW 4K는 dvxuser site 참고값
그 외 데이터는 실측값을 바탕으로 했으나 30프레임/25프레임 혼용

**지금까지 저장매체의 종류, Linear/Non-linear 저장매체의 변천사와 그 특징, 향후 전망과 저장 공간에 데이터를 배치하는 파일시스템 포맷에 대해 알아보았다. 다음 호에서는 저장매체에 저장된 동영상 데이터의 흐름과 안전한 데이터 보관을 위한 방법 등에 대해 알아보도록 하자.**